

Aus dem Pathologischen Institut
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. V. Becker

Mechanische Eigenschaften der Nativdura und von Dura mater-Konserven

Ein Beitrag zur Gewebephysik

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
dem Fachbereich Medizin
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von
Helmut Georg Mahlich
aus Nürnberg

1977 # 3 63

Aus dem Pathologischen Institut
der Universität Erlangen-Nürnberg

Direktor: Professor Dr. V. Becker

Mechanische Eigenschaften der Nativdura und von Dura mater-Konserven

Ein Beitrag zur Gewebephysik



Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
dem Fachbereich Medizin
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von
Helmut Georg Mahlich
aus Nürnberg

Gedruckt mit Erlaubnis des Fachbereichs Medizin
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. E. Rügheimer

Referent: Priv.-Doz. Dr. H.-J. Pesch

Korreferent: Prof. Dr. V. Becker

Tag der mündlichen Prüfung: 17. Nov. 1977

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitung und Problemstellung	1
II. Dura mater cerebri - morphologische und mechanische Eigenschaften	2
III. Material und Methode	3
IV. Ergebnisse	6
V. Diskussion	10
VI. Zusammenfassung	16
VII. Literatur	18
VIII. Abbildungen und Tabellen	23
IX. Lebenslauf	64



Digitized by the Internet Archive
in 2026

I. Einleitung und Problemstellung

In allen operativen Teilgebieten der Medizin wird in den letzten zwanzig Jahren in zunehmendem Maße als Transplantationsmaterial zur Defektdeckung Dura mater verwandt (SEWELL und KOTH, 1954; FLEMMING, 1963; UNGER, 1965; KELAMI, 1970; LICHTENAUER, 1970; SCHERER und MAURER, 1972). Als Gründe für die vielseitige Verwendbarkeit der Dura gelten gute Gewebeverträglichkeit, der Ersatz durch körpereigenes Gewebe, dem das Transplantat als Leitschiene dient (LONGMIRE, 1952; PLATE, 1954; MASON und RAAF, 1961; SEIFFERT, 1967; PESCH, 1976) und fehlende antigene Eigenschaften, die mehrzeitige bzw. Mehrfachoperationen komplikationslos erlauben (STÖSS und PESCH, 1976).

Als Konservierungsverfahren wurde vorwiegend die Lyophilisierung verwandt, die jedoch kostspielig sowie zeitlich und apparativ sehr aufwendig ist (NEUMANN, 1955 und 1961). Seit 1969 wurde deshalb versucht, die Dura mit organischen Lösungsmitteln zu konservieren. Seit 1973 steht eine solche Dura-Konserve zur Verfügung.⁺) Erste zufriedenstellende klinische und tierexperimentelle Untersuchungen liegen inzwischen vor (WILLITAL und PESCH, 1973; SCHMIEDT et al., 1974; STÖSS et al., 1975; KELAMI et al., 1975; KELAMI, 1975)

Ziel dieser Untersuchung ist es, die Auswirkungen beider Konservierungsverfahren auf die mechanischen Eigenschaften der Dura anhand verschiedener Parameter zu untersuchen. Da homologe Dura mater-Transplantate nur begrenzt und heterologe praktisch nicht zur Verfügung stehen, sollte nicht nur ihre Anwendung nach strenger Indikation, sondern auch die Konservierung mit der gewebeschonendsten Methode erfolgen.

⁺) Tutoplast^R Dura (Fa. Pfrimmer, Erlangen)

II. Dura mater cerebri - morphologische und mechanische Eigenschaften

Die Dura mater cerebri, die harte Hirnhaut (Abb. 1), besteht anatomisch aus zwei Schichten, die miteinander zu einer Membran verwachsen. In funktioneller Hinsicht bleibt die Zweiteilung der Dura erhalten; sie ist zugleich mit ihrer Lamina externa inneres Periost des Schädels und mit ihrer Lamina interna Schutzhülle für das Gehirn (WALDEYER, 1970). Die Dura kleidet die Schädelhöhle innen aus und bildet frei vorspringende Septen in Form der Falx cerebri et cerebelli und des Tentorium cerebelli. Die Lamina interna et externa bestehen vorwiegend aus straffem, fasrigem Bindegewebe, das viele elastische Fasern enthält. Ihre innere Oberfläche ist mit einer einfachen Schicht endothelartig abgeplatteter Fibrozyten überzogen. In der Lamina externa verlaufen die äußeren Fasern von vorn-lateral nach hinten-medial, während die Faserrichtung der Lamina interna um 90° versetzt ist (BUCHER, 1972).

Die Dura der Schädelkalotte weist eine glatte Oberfläche auf und läßt sich gut ablösen. Die Dura der Schädelbasis dagegen ist durch die Perforationsstellen der Gefäße bzw. Nerven und durch die Unebenheit des Knochens als Transplantat unbrauchbar.

Die Festigkeit der Dura beruht auf der Quervernetzung der kollagenen Fasern durch Wasserstoffbrücken und Esterbindungen (KÜHN, 1962; HÖRMANN, 1962).

III. Material und Methode

Von 106 zwischen September 1974 und Januar 1975 autoptisch gewonnenen Duren von 70 männlichen und 36 weiblichen Verstorbenen im Alter von 4 - 89 Jahren (Tab. 1) wurden die mechanischen Eigenschaften der Dura mit folgenden vier Parametern bestimmt:

1. Höchstkraft bis zum Bruch der Probe,
2. Dehnung bei Höchstkraft,
3. Dehnung bei 1 kp Belastung,
4. Elastizitätsgrenzen in kp.

Die Duren waren 8 - 30 Stunden nach dem Tode von der Schädelskalotte gelöst und in Längsrichtung halbiert worden. Jede der beiden Hälften wurde in einer verschiedenen konzentrierten hypertonen Lösung I und II vorbehandelt. Jeweils 15 rechte und linke Hälften wurden chargenweise aufgearbeitet, wobei zunächst jede Hälfte gedrittelt wurde. Die vorderen Drittel beider Seiten wurden sogleich als sog. Nativdura auf ihre mechanischen Eigenschaften untersucht. Die restlichen zwei Drittel jeder Durahälfte wurden einem für beide Teile gleichen mehrtägigen Reinigungsvorgang unterzogen, an den sich ein kurzzeitiger Desantigenisierungsprozeß anschloß.

Für die Hauptkonservierung wurden diese zwei Drittel jeder Durahälfte danach halbiert. Das mittlere Drittel wurde durch eine fraktionierte Entwässerung mit organischen Lösungsmitteln, das letzte Drittel durch Lyophilisierung konserviert. Hierbei wurde das nasse Präparat mittels Kältemischung auf minus 70°C abgekühlt und anschließend bei minus 24°C zur Sublimierung des Wassers ins Hochvakuum (5×10^{-1} Torr) gebracht.

Die nunmehr unterschiedlich konservierten Duradrittel beider Seiten wurden mit 2,5 Mrad ($\pm 10\%$) strahlensterilisiert. Aus den konservierten und sterilisierten Duren wurden für die mechanische Prüfung ebenso wie aus der sog. Nativdura vier Teststreifen zu 40 x 10 mm herausgestanzt. Die konservierten Durastreifen wurden dann in physiologischer Lösung 30 Minuten lang rehydratisiert. Die Dicke des Teststreifens wurde an mehreren Meßpunkten anhand eines Plattenmeßgerätes bestimmt. Die Teststreifen wurden an einem Festigkeitsprüfer⁺ (Abb. 2a und b) auf ihre mechanischen Eigenschaften untersucht. Bei einer Einspannlänge von 10 mm wurden die Proben mit einer konstanten Vorschubgeschwindigkeit bis zum Bruch gedehnt. Die Elastizitätsgrenzen wurden neben der Tangente an die Anfangsgerade durch einen Relaxionsversuch ermittelt (Abb. 3). Alle anderen Meßwerte wurden neben der Direktanzeige der Höchstkraft durch das dabei mitgeschriebene Spannungsdehnungsdiagramm geliefert (Abb. 4).

Die aus den Versuchen erhaltenen Daten wurden auf Dokumentationsbögen übertragen und von diesen abgelocht.⁺⁺ Da jeder Wert wie Höchstkraft, Dehnung bei Höchstkraft, Dehnung bei 1 kp Belastung von Breite und Dicke der Dura abhängt, wurde zuerst eine Datenreduktion, d.h. eine Standardisierung der Meßwerte auf die gleichen Breiten bzw. Dicken durchgeführt (Tab. 2 - 4, Abb. 5). Die Breite weicht nur in wenigen Fällen von 10,0 mm ab. So ist es

⁺ Festigkeitsprüfer der Fa. VEB Rauenstein ZT 40, Durchführung in Anlehnung an DIN 53455.

⁺⁺ Für die freundliche Unterstützung bei der statistischen Auswertung danken wir Herrn Dipl.-Mathematiker Seibold aus dem Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation (Vorstand: Prof. Dr. L. Horbach) der Universität Erlangen-Nürnberg.

ausreichend, durch einfache lineare Interpolation durch den Nullpunkt alle Werte auf die Breite 10,0 zu standardisieren. Die Dicken sind in allen Fällen unterschiedlich, so daß eine verfeinerte Standardisierung nötig ist. Es wurden zwei Verfahren angewandt, um die Ergebnisse auf Verträglichkeit zu prüfen: die Mittelwertbildung des Meßwertes ohne Berücksichtigung der Dicken und die regressive lineare Interpolation.

Zur Untersuchung der Abhängigkeit der mechanischen Eigenschaften der Dura von Hauptleiden / Todesursachen wurden diese in folgende vier Klassen unterteilt:

- a) Herz- und Kreislauferkrankungen,
- b) Karzinome,
- c) Lebercirrhosen,
- d) Übrige.

Im Endergebnis waren die EDV - technischen Plausibilitätsprüfungen und sonstige Kontrollen eingeschaltet, um ein möglichst fehlerfreies Datenmaterial zur Auswertung zur Verfügung zu haben.

IV. Ergebnisse

Die wesentlichen Ergebnisse sind in den Tab. 2 - 17 und in den Abb. 5 - 21 dargestellt. Dabei stehen I und II für die verschieden stark konzentrierten hypertonischen Lösungen bei der Vorkonservierung: I bedeutet die stärker, II die schwächer konzentrierte Lösung. Die verschiedenen Dura-Präparatearten sind mit den Ziffern 1 - 6 bezeichnet. 1 und 4 bezeichnen die Nativdura, 2 und 5 die lösungsmittelkonservierte Dura, 3 und 6 die lyophilisierte Dura.

Bei der Untersuchung der Dicke der verschiedenen Dura-Präparatarten ergab sich eine Abnahme der Mittelwerte in der Reihenfolge Nativdura, lyophilisierte Dura, lösungsmittelkonservierte Dura. Alters- und Geschlechtsunterschiede konnten nicht festgestellt werden. Deshalb wurden alle Meßwerte für die Dicke zu einer Gesamtstichprobe zusammengefaßt. Der Mittelwert für die Nativdura beträgt 0,84 mm, für die lyophilisierte Dura 0,65 mm und für die lösungsmittelkonservierte Dura 0,48 mm (Tab. 2 - 4, Abb. 5).

Durch Mittelwertvergleich konnten für die vier mechanischen Parameter bei den sechs Durapräparatarten keine signifikanten Geschlechtsunterschiede auf dem 5 % - Niveau festgestellt werden (Tab. 5 - 8, Abb. 6 - 9). Beim grafischen Vergleich der Mittelwertdifferenzen beider Geschlechter ist dieses Ergebnis für alle physikalischen Parameter leicht ablesbar: der Nullpunkt liegt im Bereich der zwei-Sigma-Grenzen. Die Überprüfung der mechanischen Parameter der sechs Dura-Präparatarten auf Altersabhängigkeit (Tab. 9 - 12, Abb. 10 - 13) für die drei gewählten Altersklassen (unter 40, zwischen 40 und 59 und ab 60 Jahren) ergab ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede.

Nur die Elastizitätsgrenze der Nativdura nimmt mit zunehmendem Alter deutlich ab (Tab. 12, Abb. 13) und ist bei der Präparationsmethode I in den einzelnen verglichenen Altersklassen statistisch signifikant verschieden, bei den Altersklassen der Präparationsmethode II, dagegen nur mit statistisch unterschiedlichen Tendenzen ausgestattet. Die sonstigen Abweichungen der Mittelwerte der vier mechanischen Parameter liegen für alle sechs Dura-Präparatarten innerhalb des Zufallsbereichs.

Aufgrund der Testverfahren hatten sich keine signifikanten Unterschiede der mechanischen Eigenschaften der Dura-Präparatarten in Abhängigkeit von Geschlecht und Alter - bis auf die eine erwähnte Ausnahme - ergeben. Die Mittelwertdifferenzen sind im Vergleich zu ihren Streuungen - d.h. im Vergleich zu den errechneten Varianzen und Standardabweichungen - zu klein.

Nach der nunmehr bekannten Geschlechts- und Altersunabhängigkeit konnten alle Fälle der einzelnen Dura - Präparatarten zu einer Gesamtstichprobe zusammengefaßt und für die vier mechanischen Parameter statistische Abhängigkeiten gesucht werden. Es ergaben sich teilweise statistisch signifikante Unterschiede (Tab. 13, Abb. 14 - 17).

So ist die Elastizitätsgrenze der Nativdura ebenso wie die der lösungsmittelkonservierten Dura gegenüber der lyophilisierten Dura auf dem 5 % - Niveau statistisch signifikant höher. Ein Unterschied der Elastizitätsgrenze der Nativdura und der lösungsmittelkonservierten Dura besteht dagegen nicht (Tab. 13, Abb. 17).

Bei der statistischen Überprüfung der Mittelwerte und ihrer Streuung für den Parameter Höchstkraft ergab sich

ein statistischer Unterschied für die einzelnen Präparatarten. Bei der Nativdura wurde eine auf dem 5 % - Niveau statistisch höhere Höchstkraft gefunden, während zwischen den beiden unterschiedlich konservierten Duren kein Unterschied besteht (Tab. 13, Abb. 14).

Die Dehnung bei Höchstkraft war bei der Nativdura signifikant größer (5 %) als bei der lyophilisierten Dura und bei dieser wieder signifikant größer (5 %) als bei der Lösungsmittelkonservierten Dura. In der umgekehrten Reihenfolge bedeutet dies, daß bei der Lösungsmittelkonservierten Dura die geringste Dehnbarkeit vorlag (Tab. 13, Abb. 15).

Bei der statistischen Auswertung auf Unterschiede in der Dehnung bei 1 kp fanden sich für alle sechs Dura-Präparatarten keine signifikanten Unterschiede (Tab. 13, Abb. 16).

Die erhaltenen Unterschiede wurden mit dem Friedman-Test auf verbundene Stichproben abgesichert. Auch hierbei stellte sich heraus, daß für alle Parameter mit Ausnahme der Dehnung bei 1 kp signifikante Unterschiede zwischen den Dura-Präparatarten auf dem 1 % - Niveau vorhanden waren. Keinerlei statistische Unterschiede (auch nicht auf dem 5 % - Niveau) bestanden für den Parameter Dehnung bei 1 kp. Die erhaltenen Ergebnisse können deshalb als gesichert gelten.

Die Untersuchung der Abhängigkeit der mechanischen Eigenschaften der Dura von den Hauptleiden / Todesursachen (Tab. 14 - 17, Abb. 18 - 21) ergab signifikante Unterschiede nur für den Parameter Höchstkraft. Diese war im Mittelwert bei der lyophilisierten Dura der Präparationsmethode I in der Klasse "Lebercirrhose" deutlich höher als in den drei anderen Klassen. Die Elastizitäts-

grenze der Nativdura zeigte im Mittelwert für die Klasse "Lebercirrhose" der Präparationsmethode I statistische Tendenzen, jedoch keine signifikanten Unterschiede auf dem 5 % - Niveau. Abgesehen von diesen Ausnahmen ließ sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen den mechanischen Eigenschaften der Dura und den Hauptleiden / Todesursachen feststellen.

V. Diskussion

Die experimentellen Untersuchungen konnten nur mit einigen unvermeidlichen methodischen Fehlern durchgeführt werden.

So wurden - wegen fehlender makroskopischer Unterschiede - beim Herausstanzen der Teststreifen aus den vorkonservierten Duren die Fasern sowohl längs als auch quer getroffen, wodurch bei den Messungen sowohl im unteren als auch im oberen Bereich Extremwerte auftraten. Diese mußten aus Gründen der statistischen Symmetrie gesperrt werden.

Wegen der ungleichen Dicke der als organisches Material unebenen Dura sagt der bei der Dickenmessung der Dura mit dem Plattenmeßgerät errechnete Mittelwert nur ungenau etwas über den an der dünnsten Stelle gemessenen Einzelwert und damit das mechanische Verhalten aus.

Zum Zwecke der vereinfachten statistischen Auswertung wurden die Meßwerte der drei verschiedenen Dura-Präparatarten auf jeweils einen einzigen standardisierten Dickenmeßwert bezogen.

Durch den Wassergehalt der Probe, der naturgemäß bei der Nativdura am größten war, ergab sich eine unterschiedliche Vordehnung.

Ungleiche Fallzahlen ergaben sich dadurch, daß auf Grund des hohen Wassergehaltes der Nativdura einige Proben sich nicht im Prüfgerät fixieren ließen und bei der Messung herausrutschten. Bedingt durch die geringe Größe der beim

Konservierungsvorgang geschrumpften, lösungsmittelkonservierten Dura ließen sich oft nur drei oder zwei anstatt der benötigten vier Teststreifen herausstanzen. Wegen der im Verlauf der Gefriertrocknung bei einigen Proben aufgetretenen Verleimungen der lyophilisierten Dura (HEIDEMANN und RIESS, 1963) mußte dieses Material verworfen werden.

Ein weiteres Problem bei der statistischen Auswertung war die unterschiedliche Klassenbesetzung. Die Anzahl der Männer unter den Verstorbenen war fast doppelt so hoch wie die der Frauen. Auch die Altersverteilung war ungleich, da von den Sektionen her die höheren Altersklassen dichter besetzt waren als die niederen. Obwohl diese mit der Methode zusammenhängenden Fehlerquellen auftraten, konnten statistisch signifikante Ergebnisse erzielt werden. Dazu mußten jedoch die physikalischen Parameter nach DIN 53371 bzw. 53455 definiert und modifiziert werden (MANN und ZIMDAHL, 1976; GREVEN, 1971).

Unter Höchstkraft (= Reißkraft) versteht man die Kraft, die bei gleicher Meßfläche, jedoch unabhängig von der Dicke, zum Probenbruch führt. Die Dehnung bei Höchstkraft (elastischer und plastischer Bereich) ist die Längsänderung der Probe in Prozent bezogen auf die Ausgangslänge, bei der der Probenbruch stattfand. Bei der Dehnung mit 1 kp wurden die Proben mit diesem Gewicht belastet. Dabei war der Querschnitt der Kativdura und der beiden Durakonserven aufgrund der Präparationsverfahren verschieden und nur dadurch vergleichbar, daß er an dem primär gleichen biologischen Objekt Dura gemessen wurde. Die Elastizitätsgrenze wurde als die Kraft definiert, bei der im Kraft-Weg - Diagramm (Abb. 22) der Hook'sche Bereich verlassen wird, d.h. der Punkt, an dem der elastische Bereich des Materials endet und in das plastische Verhalten übergeht.

Die Dicke der Dura ist statistisch verschieden. Durch die lyophilisierung bzw. durch den fraktionierten Wasserentzug werden beide Dura mater-Konserven gegenüber der Nativ-Dura statistisch signifikant dünner: die lyophilisierte Dura ca. ein Viertel, die lösungsmittelkonservierte Dura um knapp die Hälfte. Ultrastrukturell erklären sich die unterschiedlichen Dicken der beiden Dura-Konserven durch konservierungsbedingte gewebliche Veränderungen. Während die lösungsmittelkonservierte Dura in ihrer sehr fibrillendichten Struktur der Nativ-Dura ähnelt, ist die lyophilisierte Dura durch die Eiskristallbildung bei der Gefriertrocknung in ein schwammartiges Gewebe mit zahlreichen artefiziellen Maschenräumen transformiert. Sie ist hiermit gegenüber der lösungsmittelkonservierten Dura nur scheinbar im Durchschnitt ein Drittel dicker (PESCH, 1976). Durch die Lösungsmittelkonservierung ergibt sich pro Einheit eine größere innere Oberfläche (HEIDEMANN und RIESS, 1963).

Die Elastizitätsgrenze war bei der Nativ-Dura und bei der lösungsmittelkonservierten Dura statistisch signifikant höher als bei der lyophilisierten Dura. Dies läßt sich dadurch erklären, daß bei der lyophilisierten Dura aufgrund der Eiskristallbildung beim Präparationsprozeß nicht nur Fasern verdrängt bzw. ausgebeult wurden, sondern auch echter Faserbruch stattfand (PESCH, 1976). Darüber hinaus kommt es zum Aufgehen von Vernetzungsstellen im Faserverbund, woraus die Abnahme der Elastizitätsgrenze resultierte (JÄGER, 1970). Berichte über gleichwertige physikalische Eigenschaften der lyophilisierten Dura mater und der Nativ-Dura (KISS et al., 1958; HERZOG, 1965) sind damit widerlegt.

Die Höchstkraft war bei der Nativdura statistisch signifikant höher gegenüber den beiden unterschiedlich konservierten Duren. Dieser Verlust an Reißkraft bei beiden Dura-Konserven beruht teils auf dem Präparations- bzw. Konservierungsprozeß, teils auf der mit 2,5 ($\pm 10\%$) Mrad in der Co^{60} -Quelle durchgeführten Strahlensterilisation. Durch die Konservierung mit Lösungsmitteln kommt es zu einem einfachen Wasserentzug ohne Gefügestörung, bei der Lyophilisierung dagegen wegen der Eiskristallbildung zu einer schwammartigen Auflockerung des Gewebes mit einer auf die Frobenfläche bezogenen Vermehrung an Fasern. Hieraus müßte sich eine höhere Reißkraft ergeben. Durch die gleichzeitige Schädigung der Fasern wird jedoch diese scheinbar höhere Reißkraft kompensiert, so daß beide Dura-Konserven wahrscheinlich auf gleichem Reißkraft-Niveau liegen. So führt im wesentlichen die strahlenbedingte Texturstörung und weniger der präparationsbedingte Schaden der beiden Dura-Konserven zu dem Verlust an Reißkraft. Dieses Verhalten stimmt mit den von SCHNELL et al. (1967) gefundenen Ergebnissen überein. Unter dem Einfluß der Strahlensterilisation von 2,5 Mrad kam es zu einer Abnahme der Reißkraft auf ein Drittel des Ausgangswertes, bei 5 Mrad zum Totalverlust.

Die geringste Dehnung bei Höchstkraft lag bei der lösungsmittelkonservierten Dura vor. Bei der lyophilisierten Dura ergibt sich aus dem überwiegend kurzfasrigen Anteil mit einer geringen Anzahl von Vernetzungsstellen zu benachbarten Fasern unter Belastung bei gleicher Höchstkraft ein höheres Gesamtdehnungsverhalten (JÄGER, 1970), das zu einem früheren Übergang in den plastischen Bereich führt. Bei der lösungsmittelkonservierten Dura hat der Sterilisierungsprozeß zu einem geringeren Faserbruch mit kürzeren Ketten geführt, so daß das Dehnungsniveau gegenüber der Nativdura heraufgesetzt wird. Dieser Schädigungsvorgang

ist bei beiden Dura-Konserven relativ gleich. Er tritt jedoch bei der lyophilisierten Dura deshalb nicht so augenfällig in Erscheinung, weil das mechanische Verhalten zusätzlich von den Einflüssen der Lyophilisierung überlagert wird.

Für die Dehnung bei 1 kp ergeben sich für alle Dura-Präparatearten keine statistischen Unterschiede. Die Belastung mit 1 kp liegt in jedem Fall im elastischen Bereich des Kraft-Weg-Diagramms. JANSEN und ROTTIER (1957) belasteten die Haut mit einer Kraft von 33 g/mm^2 , wobei sich keine altersbedingten mechanischen Unterschiede finden ließen. Diese Belastung war um ca. ein Drittel geringer als beim hier benutzten Parameter "Dehnung bei 1 kp" und ist einfach zur Austestung von mechanischen Eigenschaften zu gering.

Eine Alters- und Geschlechtsabhängigkeit der mechanischen Eigenschaften besteht für die Dura nicht. Diese Befunde stimmen mit den Untersuchungen von JÄGER (1970) überein, der die mechanischen Eigenschaften verschiedener kollagener Gewebe, nämlich der Haut, Faszie und Dura vergleicht. Dabei lassen sich für die Dura keine altersbedingten Unterschiede feststellen, während Haut und Faszie altersabhängige mechanische Eigenschaften aufweisen. So verringert sich die Dehnung der Haut im Alter, sie wird zugfester, während die Dehnbarkeit abnimmt (ROLLHÄUSER, 1950). Diese Veränderung wird auf die Wasserabnahme der Haut des Erwachsenen und auf eine Umstrukturierung der kollagenen Fasern mit zunehmender Durchflechtung zurückgeführt, Veränderungen, die bei der Dura offensichtlich für das mechanische Verhalten keine signifikante Rolle spielen.

Ein Zusammenhang zwischen den Hauptleiden / Todesursachen und den mechanischen Eigenschaften der Dura besteht ebenfalls nicht. Offensichtlich sind die mit den Hauptleiden einhergehenden hypoxischen, kardialen, toxischen und metabolischen Stoffwechselstörungen insgesamt zu gering und zu kurzfristig, um ein solchen Störungen gegenüber wenig empfindliches Bindegewebe wie die Dura in seinen chemischen und damit möglicherweise auch in seinen physikalischen Eigenschaften zu verändern. Gleiche von Hauptleiden unabhängige Befunde liegen für die Haut vor (JANSEN und ROTTIER, 1957; ROLLHÄUSER, 1950).

Biochemische Untersuchungen zum Strukturaufbau des Kollagens (KÜHN, 1962; HÖRMANN, 1962; VERZAR, 1963) erklären zwar das Phänomen der Festigkeit des Kollagens mittels Quervernetzung durch Wasserstoffbrücken und Esterbindungen, nehmen jedoch nicht zu einem altersabhängigen mechanischen Verhalten Stellung.

VI. Zusammenfassung

Von 106 autoptisch gewonnenen Duren der Schädelkalotte von 70 männlichen und 36 weiblichen Verstorbenen im Alter von 4 - 89 Jahren wurden jeweils von korrespondierenden Abschnitten der rechten und linken Seite die Dicke und die mechanischen Eigenschaften der Nativdura und von lyophilisierten bzw. lösungsmittelgetrockneten Dura-Konserven mittels folgender vier Parameter bestimmt:

Elastizitätsgrenze, Höchstkraft, Dehnung bei Höchstkraft, Dehnung bei 1 kp.

Durch den beim Konservierungsvorgang erfolgten Wasserentzug reduzierte sich die Dicke der lyophilisierten Duren um ca. ein Drittel, die der lösungsmittelkonservierten Duren etwa um die Hälfte. Die Elastizitätsgrenze war bei der Nativdura und bei der lösungsmittelkonservierten Dura statistisch signifikant höher als bei der lyophilisierten Dura. Die Höchstkraft war bei der Nativdura statistisch signifikant höher gegenüber den beiden unterschiedlich konservierten Duren. Die geringste Dehnung bei Höchstkraft lag bei der lösungsmittelkonservierten Dura vor. Für die Dehnung bei 1 kp ergaben sich keine statistischen Unterschiede. Eine Alters- und Geschlechtsabhängigkeit bzw. ein Zusammenhang zwischen den Hauptleiden und den mechanischen Eigenschaften bestand nicht.

Durch den Wasserentzug der unterschiedlichen Konservierungsverfahren werden beide Konserven dünner, wobei sich zusätzlich auch noch die mechanischen Eigenschaften der lyophilisierten Dura ändern. Sie wird gegenüber der Nativ-

dura und der lösungsmittelkonservierten Dura dehnbarer und besitzt eine niedrigere Elastizitätsgrenze. Dadurch ist bei großflächigen Transplantationen mittels der lyophilisierten Dura im Bereich von größeren Druckbelastungen (z.B. Bauchwand, Zwerchfell) das Risiko der Hernienbildung größer.

VII. Literatur

- BORNEMISZA, G.: Theoretische Probleme der Gewebekonservierung.
In: L.H. KETTLER, H.J. SERFLING:
Gewebekonservenherstellung und Anwendung II.
VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin (1965)
- BUCHER, O.: Cytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen mit Berücksichtigung der Histophysiologie und der mikroskopischen Diagnostik.
Huber Verlag, Bern/Stuttgart/Wien (1973)
- CAMPELL, J.B., C.A.L. BASSET, J.W. ROBERTSON:
Clinical use of freeze-dried human dura mater.
J. Neurosurg. 15, 207-214 (1958)
- FLEMMING, F.: Plastische Versorgung von Bauchnarbenbrüchen mit homologer Dura.
Brun's Beiträge z. klin. Chirurgie 206, 357-365 (1963)
- GREVEN, E.: Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung.
Handwerk und Technik, Hamburg, 167 (1971)
- HEIDEMANN, E., W. RIESS: Beobachtungen bei der Aceton-Entwässerung und der Gefrier Trocknung von Hautkollagen.
Das Leder: 14/4, 87 (1963)
- HERZOG, K.H.: Sehnenkonservierung und Transplantation.
VEB G. Fischer Verlag, Jena, 44 (1965)
- HÖRMANN, H.: Zur Frage der Quervernetzung von Kollagen.
Das Leder: 13/4, 79 (1967)

- JÄGER, M.: Homologe Bindegewebestransplantation.
In: Aktuelle Orthopädie. Bd. 2,
Thieme, Stuttgart (1970)
- JANSEN, L.H., P.B. ROTTIER: Elasticity of human skin related
to age.
In: Dermatologica 115, 106, Basel
(1957)
- KELAMI, A.: Klinische Erfahrungen mit lyophilisi-
ierter Dura mater als partiellem
Harnblasenersatz.
Urologe A 9: 3, 156-158 (1970)
- KELAMI, A.: Duraplasty of the Urinary Bladder -
Results after two to six Years.
Eur. Urol. I, 178-181 (1975)
- KELAMI, A., U. GROSS, U. FIEDLER, M. RICHTER-REICHHELM:
Replacement of tunica albuginea of
corpus cavernosum penis using human
dura - Experimental study on dogs.
Urology VI, 4: 464-467 (1975)
- KISS, A., D. AFRA, G. BORNEMISZA:
Experimentelle u. klin. Ergebnisse
mit konservierten Durahomotransplan-
taten.
Bruns Beitr. klin. Chir.: 196,
178-188 (1958)
- KÜHN, K.: Die Struktur des Kollagens.
Das Leder: 13/4, 73 (1962)
- LICHTENAUER, F., J. NAHRSTEDT, K.v. WINDHEIM:
Gewebeersatz durch lyophilisierte
Dura in der Thoraxchirurgie.
87. Tagung dtsch. Ges. f. Chirurgie,
Langenbecks Archiv f. klin. Chirurgie,
Bd. 327, 1131 (1970)
- LONGMIRE, W.P.jr., J.A. CANNON, R.A. WEBER:
General surgical problems of tissue
transplantation.
In: Preservation and Transplantation
of normal tissue.
Ciba Foundation General Symposia,
Churchill, London (1954)
- MANN, D., E. ZIMDAHL: Werkstoffkunde für Chemieingenieure.
VEB Deutsch - Verlag f. Grundstoff-
industrie, Leipzig (1967)

- MASON, M.S., J. RAAF: Homologous dura mater grafts.
Ann. Surg 153: 423-432 (1961)
- NEUMANN, K.H.: Grundriß der Gefriertrocknung.
Musterschmidt Verlag, Göttingen,
Heft 2 (1955)
- NEUMANN, K.H.: Die Gefriertrocknung und ihre Bedeutung f. die Medizin u. Transplantationschirurgie.
In: L.H. KETTLER, H.J. SERFLING:
Gewebekonservenherstellung u. Anwendung.
VEB Verlag Volk und Gesundheit,
Berlin (1961)
- PESCH, H.J.: Human Dura mater als Konserve u. Transplantat. Vergleichende mechanische u. statist. Untersuchungen an der Dura mater u. an Dura mater-Konserven. Licht- u. elektronenmikroskopische Befunde im Tierexperiment u. bei zwei verschiedenen Dura mater-Transplantaten.
Habilitationsschrift, Erlangen (1976)
- PLATE, J.W.: Transplantation of preserved non viable tissues.
In: Preservation and transplantation of normal tissue.
Ciba Foundation General Symposia,
Churchill, London (1954)
- ROLLHÄUSER, H.: Konstitutions- u. Altersunterschiede in Festigkeit kollagener Fibrillen.
Gegenbaurs morph. Jb.: 90, 157
(1950 a)
- ROLLHÄUSER, H.: Die Festigkeit menschlicher Sehnen nach Quellung und Trocknung in Abhängigkeit vom Lebensalter.
Gegenbaurs morph. Jb.: 180 (1950 b)
- ROLLHÄUSER, H.: Die Zugfestigkeit der menschlichen Haut.
Gegenbaurs morph. Jb.: 90, 249
(1950 c)
- SCHERER, H.J., P. MAURER: Über die Transplantation von Arterienbifurkationsprothesen aus lyophil. menschl. Dura.
In: Acta chirurgica Austriaca, 4,
71 (1972)

- SCHMIEDT, E., P. KARL, G. STAHLER, K. WANNER:
Subtotaler Ersatz der Harnblase
durch ganze menschl. Durakalotten.
Urol. A 13, 228-231 (1974)
- SEIFFERT, K.E.:
Biologische Grundlagen der homologen Transplantation konservierter Bindegewebe.
Heft zur Unfallheilkunde, Heft 93.
Springer, Berlin (1967)
- SEWELL, W.H., D.R. KOTH: Experimental homologous dura preserved by freeze-drying for repairing dural Defects.
Abstract of paper submitted for presentation at the Clinical Congress of the American College of Surgeons, Atlantic City, New Jersey, 15-19 (1954)
- STERN, W.E.:
The surgical application of freeze-dried homologous dura mater.
Surg. Gynec. Obstet. 106: 159-162 (1958)
- STÖSS, H., H.-J. PESCH, H.D. WILDENAUER, A.H. TULUSAN:
Licht- u. elektronenmikroskopische Untersuchungen an Transplantaten von mit Lösungsmitteln konservierter Dura mater im Tierversuch.
Vern. dtsh. Ges. f. Pathologie: 59, 569 (1975)
- STÖSS, H., H.-J. PESCH: Zur Frage der Sensibilisierung nach mehrzeitigen Dura-mater-Transplantationen.
Verh. dtsh. Ges. f. Pathologie: 60, 330 (1976)
- UNGER, R.R.:
Anwendung und Erfahrung mit lyophilisierter Dura in der Neurochirurgie.
In: L.H. KETTLER, H.J. SERFLING:
Gewebeconservenherstellung und Anwendung.
VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin (1965)
- VERZAR, F.:
Molekulare Veränderungen des Kollagens beim Altern und bei Erkrankungen.
Schweiz. Med. Wschr.: 33, 1036 (1963)

- WALDEYER, A.: Anatomie d. Menschen. 2. Teil.
De Gruyter Verlag, Berlin (1970)
- WILLITAL, G.H., H.-J. PESCH:
Experimentelle Erfahrungen mit einem
neuen Dura-Konservierungsverfahren
f. kinderchirurgische Belange.
Langenbecks Arch. Chir.,
Chir. Forum: Suppl. 303-307 (1973)

VIII. Abbildungen und Tabellen:



Abb. 1: Lösungsmittelkonservierte Dura mater der
Schädelkalotte (periostale Aufsicht)

Tab. 1: Zusammenstellung der 106 auf ihre mechanischen Eigenschaften untersuchten Dura mater-Präparate (nach Sektionsnummern geordnet) in Bezug auf Alter, Geschlecht und Hauptleiden/Todesursache.

Lfd. Nr.	Sektions-Nr.	Alter Geschlecht	Hauptleiden - Todesursache
1.	525/74	69 m	Stenosierende Koronararteriosklerose. Lebercirrhose. Bronchopneumonie.
2.	526/74	60 m	Stenosierende Koronararteriosklerose. Herzinfarkt. Herzbeutel tamponade.
3.	528/74	42 m	Diabetes mellitus. Pankreatrophie. Coma diabeticum.
4.	529/74	61 m	Essentielle Hypertonie. Aneurysma dissecans der Aorta. Aneurysmablutung.
5.	531/74	70 w	Sigma- und Coecumcarcinom (operiert). Peritonitis. Intoxikation.
6.	534/74	72 m	Tetanus. Gonarthrit. urica rechts. Bronchopneumonie.
7.	538/74	65 m	Essentielle Hypertonie. Stenosierende Koronararteriosklerose. Herzinfarkt.
8.	539/74	66 w	Strumektomie. Bronchopneumonie. Intoxikation.
9.	543/74	48 w	Metastasiertes malignes Melanom. Tumorkachexie.
10.	545/74	69 m	Stenosierende Koronarsklerose. Herzinfarkt.
11.	549/74	67 m	Essentielle Hypertonie. Stenosierende Koronararteriosklerose. Koronarinsuffizienz.
12.	550/74	49 m	Metastasiertes Bronchialcarcinom. Querschnittslähmung. Respiratorische Insuffizienz.
13.	553/74	64 m	Essentielle Hypertonie. Hirnmassenblutung.
14.	557/74	71 w	Lebercirrhose. Oesophagusvarizenblutung.
15.	558/74	42 m	Stenosierende Koronararteriosklerose. Herzinfarkt.
16.	560/74	62 w	Metastasiertes Mammacarcinom rechts (operiert). Lungenarterienembolie beiderseits.
17.	562/74	32 m	Chronische Pankreatitis. Sublobale Pankreatektomie. Bronchopneumonie.
18.	564/74	66 m	Metastasiertes Oesophaguscarcinom (Palliativ-Op.). Bronchopneumonie. Tumorkachexie.
19.	565/74	73 m	Essentielle Hypertonie. Stenosierende Koronararteriosklerose. Herzinfarkt.
20.	567/74	36 m	Wohlfarter-Bürger. Thrombose der Arteria carotis interna rechts. Hirninfarkt.
21.	570/74	68 m	Metastasierendes Bronchialcarcinom. Stenosierende Koronararteriosklerose. Ulcera duodeni (operiert).
22.	571/74	69 m	Essentielle Hypertonie. Stenosierende Koronararteriosklerose. Herzinfarkt.
23.	572/74	70 w	Corpus uteri - Carcinom (operiert). Stenosierende Koronararteriosklerose. Lungenarteriosklerose beiderseits.
24.	574/74	23 m	Metastasierendes Teratocarcinom Hoden links (semicastrat.). Tumorkachexie. Peritonitis.
25.	576/74	74 m	Prostatacarcinom (operiert). Stenosierende Koronararteriosklerose. Chronische Bronchitis. Dekompensiertes Cor pulmonale.
26.	577/74	11 w	Kleinhirnbrunblutung. Hämatoccephalus internus.
27.	579/74	80 w	Cholecystolithiasis. Gedekht perforiertes Gallenblasenempyem. Intoxikation.
28.	580/74	69 w	Kleinhirnrindenatrophie. Lungenarterienembolie beiderseits.
29.	582/74	50 w	Stenosierende Koronararteriosklerose. Lebercirrhose. Oesophagusvarizenblutung.
30.	583/74	74 w	Metastasierendes Vulvacarcinom. Marantische Endocarditis. Embolie der Arteria cerebri media rechts. Hirninfarkt.
31.	586/74	38 w	Stenosierendes Trachealzytindrom (operiert). Nahl- u. respiratorische Insuffizienz.
32.	588/74	67 w	Essentielle Hypertonie. Stenosierende Koronararteriosklerose. Koronarinsuffizienz.
33.	589/74	40 m	Morbus Hodgkin III A. Lungen tuberkulose und Spondylitis tuberculosa BWK 6-8. Kachexie.

Tab. 1: (Fortsetzung I)

34.	590/74	75 m	Stenosierende Koronararteriosklerose. Schrittmacherimplantation. Herzinfarkt.
35.	599/74	87 m	Metastasierendes Stomacarcinom (Palliativ-Op.) Ileus. Peritonitis. Intoxikation.
36.	601/74	48 m	Lebercirrhose. Oesophagusvarizenblutung.
37.	602/74	84 m	Metastasierendes Magencarcinom. Chronische Bronchitis. Lungenarterienembolien. Dekompensiertes Cor pulmonale.
38.	604/74	73 w	Metastasierendes Choledochuscarcinom. (Palliativ-Op.) Leberdystrophie.
39.	611/74	4 m	Panmyelophthiase (nach Sepsis). Hämorrhagische Diathese. Hypoxämisches Herzversagen.
40.	617/74	36 m	Inoperables Glioblastom. Hirndruck.
41.	620/74	66 w	Metastasierendes Magencarcinom (B II). Natriumsuffizienz. Intoxikation.
42.	621/74	73 m	Pankreasarcinom. Bronchopneumonie.
43.	626/74	46 m	Stenosierende Koronararteriosklerose (AC-Bypass). Paralytischer Ileus. Koronarinsuffizienz.
44.	627/74	13 m	Akute lymphatische Leukämie. Panmyelophthiase. Sepsis.
45.	631/74	69 m	Metastasierendes Magencarcinom. Tumorkachexie.
46.	632/74	46 m	Medianecrosis aortae Edheim-Gsell. Aortenklappeninsuffizienz (Klappenersatz-Operation). Cerebrale Ischämie.
47.	638/74	64 m	Chronisch-elttrige pyelonephritische Schrumpfniere beiderseits. Coma uraemicum.
48.	645/74	77 m	Metastasierendes Magencarcinom. Coxarthrose rechts. (Totaleingrothe). Lungenstillkose beiderseits. Lungenarterienembolien beiderseits.
49.	646/74	53 m	Rheumatische chronische Endokarditis der Aorten- und Mitralklappe (Aortenklappenersatz-Operation). Herzbeutelamponade.
50.	649/74	40 m	Essentielle Linksherzhypertrophie. Konsekutive Rechtsherzhypertrophie. Herzversagen beiderseits.
51.	659/74	45 m	Lebercirrhose. Oesophagusvarizenblutung.
52.	661/74	77 m	Abszedierte Pyelonephritis links. Nephrektomie rechts 1960. Uramie.
53.	662/74	50 w	Metastasierendes Uterus-Sarkom. Peritonitis.
54.	663/74	49 m	Metastasierendes Bronchialcarcinom. Stenosierende Koronararteriosklerose. Herzbeutelamponade.
55.	665/74	61 m	Metastasierendes Zungencarcinom. Bronchopneumonie beiderseits. Lungenarterienembolie rechts.
56.	667/74	57 m	Lebercirrhose. Oesophagusvarizenblutung.
57.	669/74	54 m	Stenosierende Koronararteriosklerose. Herzinfarkte. Koronarinsuffizienz.
58.	670/74	63 m	Stenosierende Koronararteriosklerose. Hypernephroides Nierencarcinom rechts. Herzinfarkt.
59.	671/74	49 m	Metastasierendes Magencarcinom-Rezidiv. Tumorkachexie.
60.	672/74	59 m	Lebercirrhose. Leberkoma.
61.	673/74	20 m	Morbus Crohn (operiert). Peritonitis und Bronchopneumonie beiderseits.
62.	674/74	74 m	Rupturiertes arteriosklerotisches Aortenaneurysma.
63.	675/74	72 w	Lebercirrhose. Oesophagusvarizenblutung.
64.	677/74	73 w	Essentielle Hypertonie. Stenosierende Koronararteriosklerose. M. Alzheimer. Koronarinsuffizienz.
65.	678/74	89 m	Essentielle Hypertonie. Dekompensiertes Linksherzversagen.
66.	681/74	69 m	Essentielle Hypertonie. Herzinfarkt. Herzbeutelamponade.
67.	682/74	52 m	Lebercirrhose. Linksherzhypertrophie- u. Insuffizienz.
68.	684/74	77 m	Stenosierende Koronararteriosklerose. Herzinfarkt.
69.	685/74	66 m	Metastasierendes Bronchialcarcinom links. Stenosierende Koronararteriosklerose. Herzinfarkt.
70.	686/74	73 w	Briden-Ileus (operiert). Apoplex. Zentrale Regulationsstörungen.

Tab. 1: (Fortsetzung II)

71.	687/74	66 m	Metastasierendes Pankreascarcinom. Eitrige Cholangiolitis. Intoxikation.
72.	688/74	72 m	Stenosierende Extremitätenarteriosklerose. (hohe Amputation linkes Bein). Abscedieren-de Pyleonophritis beiderseits. Intoxikation.
73.	697/74	27 m	Rhinogener Hirnabszeß. Zentrale Regulations-störungen
74.	700/74	59 m	Stenosierende Koronarsklerose. Hepatitis. Herzinfarkt.
75.	703/74	51 m	Medianecrosis aortae (Erdheim-Gsell) Ruptu-riertes Aortenbogenaneurysma.
76.	704/74	42 m	Lebercirrhose. Perforiertes Ulcus duodeni Verblutungschock.
77.	705/74	42 w	Essentielle Hypertonie. Rupturiertes Aneu-rysm der Arteria cerebri media links. Hirndruck.
78.	706/74	87 w	Essentielle Hypertonie. Stenosierende Koronararteriosklerose. Herzinfarkt.
79.	707/74	80 w	Essentielle Hypertonie. Stenosierende Koronararteriosklerose. Herzinfarkt.
80.	708/74	24 m	Morbus Hodgkin IV B. Intestinale Tumor-erblutung.
81.	712/74	60 m	Stenosierende Koronararteriosklerose. Ulcera ventriculi (B II). Herzinfarkt.
82.	715/74	73 m	Metastasierendes Bronchialcarcinom rechts. Tumorkachexie.
83.	718/74	67 m	Hypertonie. Hirnmassenblutung.
84.	724/74	74 m	Perforiertes Rectumcarcinom. Ileus (Palliativ-Op.). Rezidivierende Ulcus duo-deni-Blutungen.
85.	4/75	81 w	Oberschenkelfraktur links (Totalendoprothese). Bakterielle Ileitis. Intoxikation.
86.	8/75	59 m	Postmyokarditische Myocardsklerose. Globale Herzinsuffizienz.
87.	9/75	50 w	Rheumatische fibroplastische Endokarditis der Aorten- und Mitralklappe. Dünndarm-gangrän. Intoxikation.
88.	13/75	37 m	Lebercirrhose (Shunt-Op.). Ösophagus-varizenblutung.
89.	14/75	63 w	Hämorrhagische Pankreatitis. Ileus. Intoxikation.
90.	20/75	70 m	Rheumatische fibroplastische Endokarditis der Aortenklappe. Linksherzhypertrophie und -dekompensation.
91.	25/75	77 m	Prostatahyperplasie. Bronchopneumonie.
92.	26/75	35 w	Perforiertes Inoperables Quercolon-Carcinom. Peritonitis. Bronchopneumonie.
93.	29/75	84 w	Stenosierende Koronararteriosklerose. Herzinfarkt.
94.	30/75	57 m	Metastasierendes Bronchialcarcinom rechts. Lungenarterienembolien.
95.	31/75	65 m	Stenosierende Koronararteriosklerose. Rupturierter Herzinfarkt.
96.	34/75	40 m	Marfan-Syndrom. Ruptur eines Aortenaneu-rysmas.
97.	35/75	53 m	Metastasierendes Bronchialcarcinom rechts. Tumorkachexie.
98.	37/75	31 m	Lebercirrhose. Ösophagusvarizenblutung.
99.	41/75	65 m	Essentielle Hypertonie. Encephalomalacie beiderseits. Dekompensiertes Linksherzver-sagen.
100.	42/75	65 m	Inoperables Quercoloncarcinom. Dünndarm-infarkt. Intoxikation.
101.	45/75	61 m	Essentielle Hypertonie. Hirnmassen-blutung.
102.	46/75	46 m	M. Wernicke. Bronchopneumonie.
103.	48/75	52 m	Stenosierende Koronararteriosklerose. Herzinfarkt.
104.	50/75	61 m	Essentielle Hypertonie. Stenosierende Koronararteriosklerose. Koronar-in-suffizienz.
105.	51/75	59 m	Stenosierende Koronararteriosklerose. Lebercirrhose. Ösophagusvarizenblutung.
106.	52/75	74 w	Essentielle Hypertonie. Apoplexie rechts.

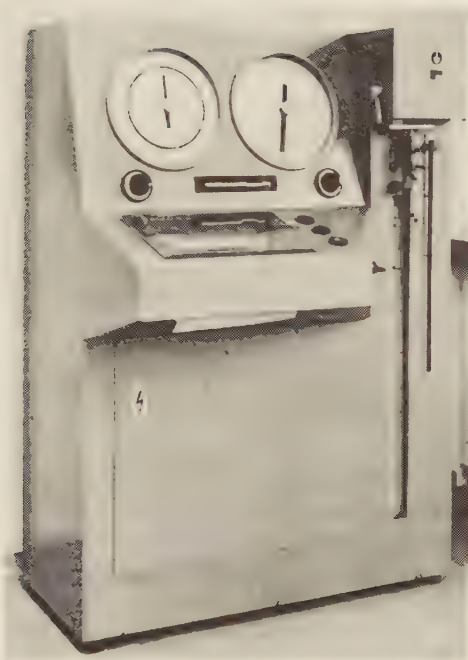


Abb. 2a: Festigkeitsprüfer (Gesamtansicht)

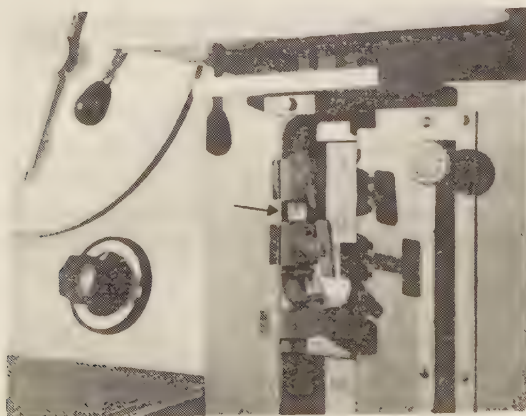


Abb. 2b: Haltebacken des oben abgebildeten Gerätes
mit eingespanntem Dura-Teststreifen (Pfeil)

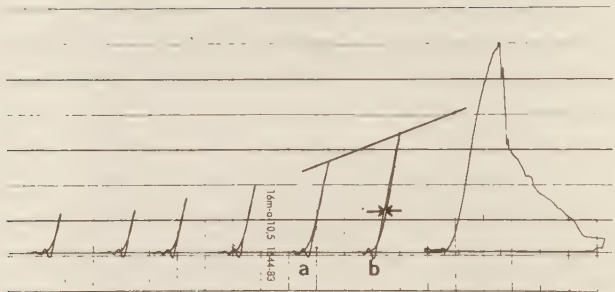


Abb. 3: Spannungsdehnungsdiagramm (Übersicht) eines Duralumin-Teststreifens mittels eines Festigkeitsprüfers

Relaxationsversuch zur Ermittlung der Elastizitätsgrenze (hier zwischen a und b):
in a. noch elastisches Verhalten
in b. kein elastisches Verhalten mehr durch Auftreten bleibender Dehnung (= Längenänderung zwischen den beiden Pfeilen)

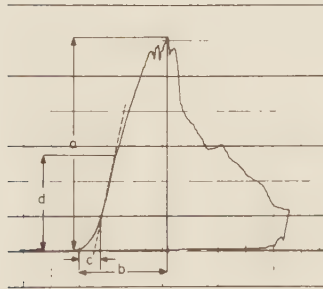


Abb. 4: Spannungsdehnungsdiagramm (Ausschnitt) eines Duralumin-Teststreifens mittels eines Festigkeitsprüfers

Zugversuch zur Ermittlung der vier Parameter:

Höchstkraft (k_p) = a

Dehnung bei 1 k_p (%) = b

Dehnung bei Höchstkraft (%) = c

Elastizitätsgrenze über der Anfangsgeraden (k_p) = d

Dicke (mm)

Geschlecht	Statistische Maße	Präparatart					
		I			II		
		1	2	3	4	5	6
männ- lich	Fallzahl	309	260	231	303	291	235
	Mittelwert	0,80	0,47	0,65	0,90	0,49	0,68
weib- lich	Fallzahl	108	95	88	109	104	88
	Mittelwert	0,81	0,42	0,60	0,86	0,47	0,64

Tab. 2: Dicke (mm) der 6 verschiedenen Dura-Präparate-
arten in Abhängigkeit vom Geschlecht (Mittelwert μ)

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
II schwächer

- 1 + 4: Nativdura
2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura
3 + 6: Lyophilisierte Dura

Dicke (mm)

Alter (Jahre)	Statistische Maße	Präparateart					
		I			II		
		1	2	3	4	5	6
< 40	Fallzahl	60	48	41	57	53	39
	Mittelwert	0,87	0,45	0,56	0,96	0,45	0,62
40 - 59	Fallzahl	129	108	101	131	129	98
	Mittelwert	0,80	0,44	0,62	0,87	0,48	0,62
≥ 60	Fallzahl	228	199	177	224	213	186
	Mittelwert	0,80	0,47	0,66	0,85	0,50	0,70

Tab. 3: Dicke (mm) der 6 verschiedenen Dura Präparatearten in Abhängigkeit vom Alter (Mittelwert μ)

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
II schwächer

1 + 4: Nativdura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura

Dicke (mm)

Statistische Maße	Präparatart					
	I			II		
	1	2	3	4	5	6
Fallzahl	417	355	319	412	395	323
Mittelwert	0,81	0,46	0,64	0,87	0,49	0,67
Streuung	0,23	0,11	0,18	0,26	0,14	0,17

Tab. 4: Dicke (mm) a l l e r Fälle der 6 verschiedenen
Dura - Präparatearten (Mittelwert μ , Streuung σ)

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
II schwächer

1 + 4: Nativdura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura

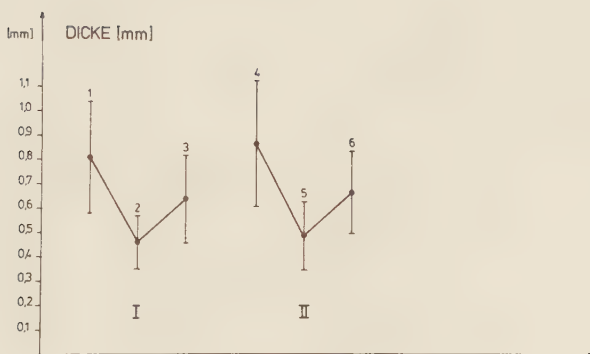


Abb. 5: Mittelwert und Streuung (μ, σ) der Dicke (mm)
a l l e r F ä l l e der 6 verschiedenen Dura -
Präparatearten

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
II schwächer

1 + 4: Nativedura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura

Höchstkraft (kp)

Geschlecht	Statistische Maße	Präparateart					
		I			II		
		1	2	3	4	5	6
männlich	Fallzahl	76	74	62	77	77	64
	Mittelwert	4,82	3,19	3,71	4,05	3,47	3,42
	Varianz	4,94	2,14	2,96	2,63	3,14	1,87
weiblich	Fallzahl	28	26	22	28	27	25
	Mittelwert	4,02	3,65	3,71	3,93	2,96	3,10
	Varianz	5,18	2,64	2,26	2,90	4,18	2,92
+ männlich weiblich	Mittelwert- differenz	0,80	0,46	0,00	0,12	0,51	0,32
	Streuung dieser Differenzen	0,50	0,36	0,39	0,37	0,44	0,38

Tab. 5: Höchstkraft (kp) an den 6 verschiedenen Dura-
Präparatearten in Abhängigkeit vom Geschlecht
(Mittelwert μ , Varianz σ^2) sowie Mittelwert-
differenz und deren Streuung für beide Geschlechter

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
II schwächer

1 + 4: Nativdura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura

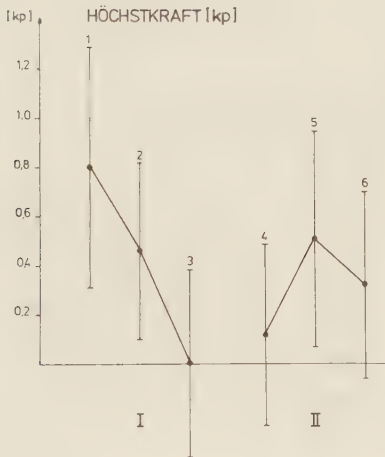


Abb. 6: Mittelwertdifferenz und deren Streuung der Höchstkraft (kp) der 6 verschiedenen Dura-Präparatearten für beide Geschlechter

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
II schwächer

1 + 4: Nativdura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura

Dehnung bei Höchstkraft (%)

Geschlecht	Statistische Maße	Präparatart					
		I			II		
		1	2	3	4	5	6
männlich	Fallzahl	76	74	63	77	75	60
	Mittelwert	41.2	29.2	37.7	41.4	30.5	33.4
	Varianz	259.9	164.7	249.9	220.5	86.8	130.6
weiblich	Fallzahl	26	26	24	28	27	25
	Mittelwert	39.5	33.1	32.9	41.0	33.7	34.0
	Varianz	247.9	92.2	105.0	148.9	204.4	213.7
männlich + weiblich	Mittelwert-differenz	1.7	3.9	4.8	0.4	3.2	0.6
	Streuung dieser Differenzen	3.59	2.40	2.88	2.86	2.95	3.27

Tab. 6: Dehnung bei Höchstkraft (%) der 6 verschiedenen Dura-Präparatearten in Abhängigkeit vom Geschlecht (Mittelwert μ , Varianz σ^2) sowie Mittelwertdifferenz und deren Streuung für beide Geschlechter

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
 II schwächer

- 1 + 4: Nativdura
 2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura
 3 + 6: Lyophilisierte Dura

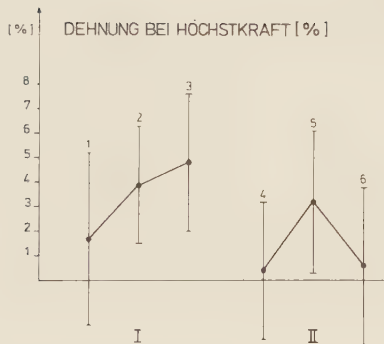


Abb. 7: Mittelwertdifferenz und deren Streuung der Dehnung bei Höchstkraft (%) der 6 verschiedenen Dura-Präparatearten für beide Geschlechter

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
II schwächer

1 + 4: Nativedura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura

Dehnung bei 1 kp (%)

Geschlecht	Statistische Maße	Präparatart					
		I			II		
		1	2	3	4	5	6
männlich	Fallzahl	74	71	58	74	72	60
	Mittelwert	11,7	12,3	11,8	13,0	13,8	12,5
	Varianz	33,1	28,7	30,1	29,4	31,3	32,7
weiblich	Fallzahl	26	27	20	27	26	24
	Mittelwert	12,9	16,7	12,4	13,8	16,0	13,1
	Varianz	27,1	78,5	32,9	37,6	60,5	47,4
+ männlich weiblich	Mittelwert- differenz	1,2	4,4	0,6	0,8	2,2	0,6
	Streuung dieser Differenzen	1,22	1,81	1,47	1,33	1,66	1,58

Tab. 7: Dehnung bei 1 kp (%) der 6 verschiedenen Dura-
Präparatearten in Abhängigkeit vom Geschlecht
(Mittelwert $\bar{x}$, Varianz s^2) sowie Mittelwertdif-
ferenz und deren Streuung für beide Geschlechter

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
II schwächer

- 1 + 4: Nativdura
- 2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura
- 3 + 6: Lyophilisierte Dura

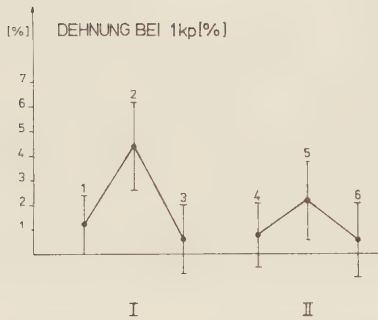


Abb. 8: Mittelwertdifferenz und deren Streuung bei Dehnung bei 1 kp (%) der 6 verschiedenen Dura-Präparatearten für beide Geschlechter

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert

II schwächer

1 + 4: Nativedura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura

Elastizitätsgrenze (kp)

Geschlecht	Statistische Maße	Präparateart					
		I			II		
		1	2	3	4	5	6
männlich	Fallzahl	70	78	65	73	77	63
	Mittelwert	1,67	1,31	0,95	1,57	1,59	0,92
	Varianz	1,79	1,69	1,17	1,71	2,41	0,61
weiblich	Fallzahl	26	28	26	25	28	25
	Mittelwert	1,70	0,97	0,96	1,38	1,45	0,82
	Varianz	2,75	1,31	0,81	2,09	2,54	0,51
+ männlich weiblich	Mittelwert- differenz	0,03	0,34	0,01	0,19	0,14	0,10
	Streuung dieser Differenzen	0,36	0,26	0,22	0,33	0,35	0,17

Tab. 8: Elastizitätsgrenze (kp) der 6 verschiedenen Dura-
Präparatearten in Abhängigkeit vom Geschlecht
(Mittelwert μ , Varianz σ^2) sowie Mittelwertdif-
ferenz und deren Streuung für beide Geschlechter

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
II schwächer

1 + 4: Nativdura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura

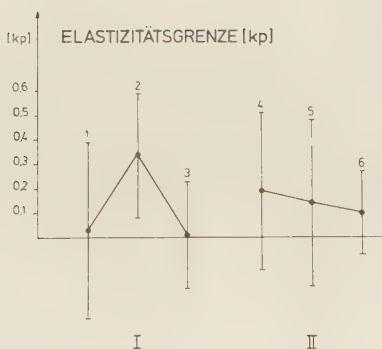


Abb. 9: Mittelwertdifferenz und deren Streuung der Elastizitätsgrenze (kp) der 6 verschiedenen Dura-Präparatearten für beide Geschlechter

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
 II schwächer

1 + 4: Nativdura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura

Höchstkraft (kp)

Alter (Jahre)	Statistische Maße	Präparatart					
		I			II		
		1	2	3	4	5	6
< 40	Fallzahl	15	14	11	15	15	12
	Mittelwert	5,81	2,91	4,33	4,82	4,17	3,55
	Varianz	3,81	1,88	4,27	1,86	3,96	1,40
40 - 59	Fallzahl	32	31	26	32	33	27
	Mittelwert	4,53	3,50	3,74	4,41	3,55	3,60
	Varianz	5,89	2,25	2,84	3,71	2,99	2,10
≥ 60	Fallzahl	57	55	47	58	56	50
	Mittelwert	4,33	3,30	3,55	3,60	2,99	3,13
	Varianz	4,65	2,42	2,37	1,98	3,32	2,35

Tab. 9: Höchstkraft (kp) der 6 verschiedenen Dura-
Präparatearten in Abhängigkeit vom Alter
(Mittelwert μ , Varianz σ^2)

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
II schwächer

1 + 4: Nativdura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura

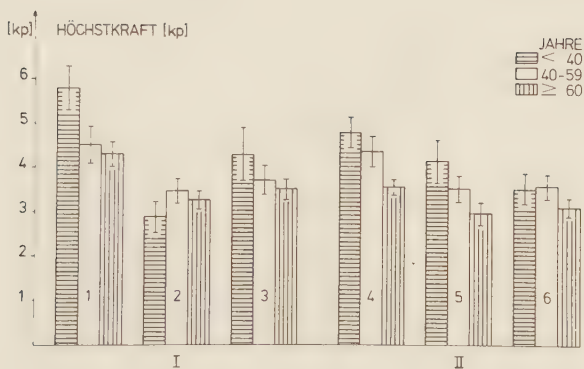


Abb. 10: Mittelwert und Streuung (μ, σ) der Höchstkraft (kp) für die 6 verschiedenen Dura-Präparatearten in den 3 Altersklassen für beide Geschlechter

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
 II schwächer

1 + 4: Nativdura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura

Dehnung bei Höchstkraft (%)

Alter (Jahre)	Statistische Maße	Präparatart					
		I			II		
		1	2	3	4	5	6
< 40	Fallzahl	14	14	11	14	14	10
	Mittelwert	40,4	28,9	40,3	42,1	33,0	38,3
	Varianz	190,1	109,4	153,4	200,8	167,7	173,1
40 - 59	Fallzahl	33	31	28	33	32	26
	Mittelwert	43,0	28,9	39,2	39,2	30,0	31,1
	Varianz	315,3	161,2	336,2	197,5	118,0	147,6
≥ 60	Fallzahl	55	55	48	58	56	49
	Mittelwert	39,6	31,3	33,9	42,2	31,6	33,9
	Varianz	239,7	151,9	149,3	204,3	109,4	150,1

Tab. 10: Dehnung bei Höchstkraft (%) der 6 verschiedenen Dura-Präparatearten in Abhängigkeit vom Alter (Mittelwert μ , Varianz σ^2)

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
II schwächer

1 + 4: Nativdura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura



Abb. 11: Mittelwert und Streuung (μ, σ) der Dehnung bei Höchstkraft (%) für die 6 verschiedenen Dura-Präparatearten in den 3 Altersklassen für beide Geschlechter

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
 II schwächer

1 + 4: Nativdura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura

Dehnung bei 1 kp (%)

Alter (Jahre)	Statistische Maße	Präparateart					
		I			II		
		1	2	3	4	5	6
< 40	Fallzahl	15	14	8	14	12	10
	Mittelwert	9,9	16,1	14,1	12,5	16,8	14,9
	Varianz	8,8	121,3	54,1	19,7	45,3	38,3
40 - 59	Fallzahl	32	30	24	33	31	26
	Mittelwert	11,5	14,2	13,0	11,9	13,2	12,6
	Varianz	33,0	64,6	44,5	42,0	20,7	55,5
≥ 60	Fallzahl	53	54	46	54	55	48
	Mittelwert	12,9	12,4	11,0	14,2	14,5	12,2
	Varianz	35,9	15,2	18,3	26,9	48,1	26,2

Tab. 11: Dehnung bei 1 kp (%) der 6 verschiedenen Dura-
Präparatearten in Abhängigkeit vom Alter
(Mittelwert μ , Varianz σ^2)

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
II schwächer

1 + 4: Nativdura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura

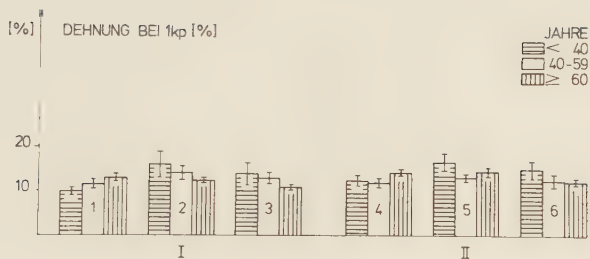


Abb. 12: Mittelwert und Streuung (μ, σ) der Dehnung bei 1 kp (%) für die 6 verschiedenen Dura-Präparatearten in den 3 Altersklassen für beide Geschlechter

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
 II schwächer

1 + 4: Nativdura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura

Elastizitätsgrenze (k_p)

Alter (Jahre)	Statistische Maße	Präparateart					
		I			II		
		1	2	3	4	5	6
< 40	Fallzahl	14	15	12	15	15	11
	Mittelwert	2,73	1,09	1,06	2,09	1,27	0,87
	Varianz	2,91	1,57	2,05	2,26	2,35	0,64
40 - 59	Fallzahl	31	33	28	32	33	27
	Mittelwert	1,85	0,94	0,81	1,75	1,45	0,96
	Varianz	1,86	0,94	1,25	2,19	2,30	0,79
≥ 60	Fallzahl	51	58	51	51	57	50
	Mittelwert	1,29	1,41	1,00	1,21	1,68	0,86
	Varianz	1,49	1,94	0,76	1,26	2,56	0,47

Tab. 12: Elastizitätsgrenze (k_p) der 6 verschiedenen Dura-Präparatearten in Abhängigkeit vom Alter (Mittelwert μ , Varianz σ^2)

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
II schwächer

1 + 4: Nativdura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura



Abb. 13: Mittelwert und Streuung (μ, σ) der Elastizitätsgrenze (kp) für die 6 verschiedenen Dura-Präparatearten in den 3 Altersklassen für beide Geschlechter

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
 II schwächer

1 + 4: Nativdura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura

Meßart	Statistische Maße	Präparatart					
		I	I	I	II	II	II
		1	2	3	4	5	6
Elastizitätsgrenze (kp)	Fallzahl	96	106	91	98	105	88
	Mittelwert	1,68	1,22	0,95	1,52	1,55	0,89
	Varianz	2,03	1,60	1,06	1,79	2,43	0,58
Höchstkraft (kp)	Fallzahl	104	100	84	105	104	89
	Mittelwert	4,60	3,31	3,71	4,02	3,33	3,33
	Varianz	5,08	2,28	2,75	2,68	3,42	2,16
Dehnung bei Höchstkraft (%)	Fallzahl	102	100	87	105	102	85
	Mittelwert	40,8	30,2	36,4	41,3	31,3	33,6
	Varianz	255,0	147,6	212,9	199,9	118,3	152,9
Dehnung bei 1 kp (%)	Fallzahl	100	98	78	101	98	84
	Mittelwert	12,0	13,5	11,9	13,2	14,4	12,7
	Varianz	31,6	45,7	30,3	31,4	39,4	36,4

Tab. 13: Elastizitätsgrenze (kp), Höchstkraft (kp),
Dehnung bei Höchstkraft (%) und Dehnung bei
1 kp (%) aller Fälle der 6 verschiedenen
Dura-Präparatearten (Mittelwert μ , Varianz σ^2)

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
 II schwächer

1 + 4: Nativdura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura

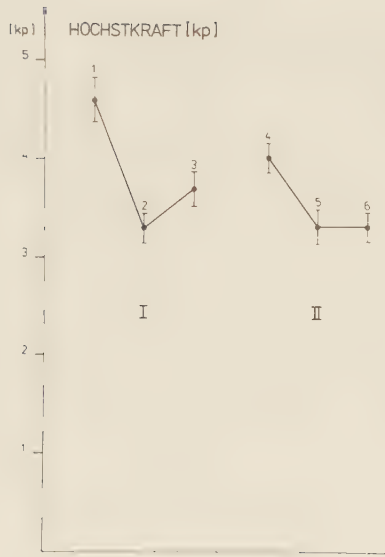


Abb. 14: Mittelwert und Streuung (μ, σ) der Höchst-
kraft (kp) a l l e r Fälle der 6 verschie-
denen Dura-Präparatearten

Präparateart:

- I stärker hypertonisch vorkonserviert
II schwächer

- 1 + 4: Nativdura
2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura
3 + 6: Lyophilisierte Dura



Abb. 15: Mittelwert und Streuung (μ, σ) der Dehnung
bei Höchstkraft (%) aller Fälle der
6 verschiedenen Dura-Präparatearten

Präparateart:

- I stärker hypertonisch vorkonserviert
II schwächer

1 + 4: Nativdura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura

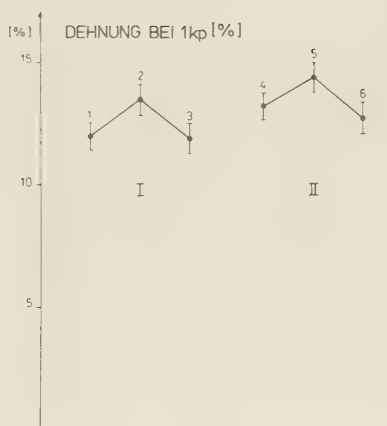


Abb. 16: Mittelwert und Streuung (μ, σ) der Dehnung bei 1 kp (%) aller Fälle der 6 verschiedenen Dura-Präparatearten

Präparateart:

- I stärker hypertonisch vorkonserviert
 II schwächer

1 + 4: Nativdura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura



Abb. 17: Mittelwert und Streuung (μ, σ) der Elastizitätsgrenze (kp) aller Fälle der 6 verschiedenen Dura-Präparatearten

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
 II schwächer

1 + 4: Nativedura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura

Höchstkraft (kp)

Hauptleiden / Todesursache	Statistische Maße	Präparatart					
		I			II		
		1	2	3	4	5	6
a. Herz- / Kreislauf- erkrankungen	Fallzahl	41	39	33	41	39	36
	Mittelwert	4,44	3,13	3,67	3,87	3,23	3,40
	Varianz	3,80	2,41	2,68	1,99	1,92	2,75
b. Karzinome	Fallzahl	29	29	21	30	31	22
	Mittelwert	4,70	3,87	3,90	4,07	2,94	3,65
	Varianz	5,64	2,47	2,01	1,71	1,86	2,65
c. Lebercirrhose	Fallzahl	9	9	8	9	9	7
	Mittelwert	5,22	3,20	5,09	4,64	3,98	3,30
	Varianz	11,27	2,34	6,49	9,18	3,22	0,64
d. Übrige	Fallzahl	25	23	22	25	25	24
	Mittelwert	4,53	2,94	3,08	3,98	3,75	2,93
	Varianz	4,92	1,48	1,52	2,96	7,71	1,21

Tab. 14: Höchstkraft (kp) a l l e r Fälle der 6 verschiedenen Dura-Präparatearten (Mittelwert μ , Varianz σ^2) in Abhängigkeit von Hauptleiden/ Todesursache

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
II schwächer

1 + 4: Nativdura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura

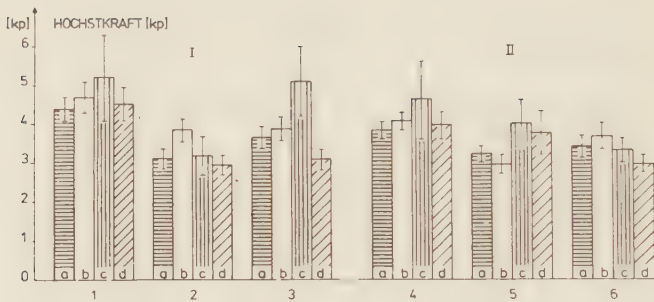


Abb. 18: Mittelwert und Streuung (μ, σ) der Höchst-
kraft (kp) a l l e r Fälle der 6 verschie-
denen Dura-Präparatearten

Klasseneinteilung:

- a. Herz/Kreislaufferkrankungen
- b. Karzinome
- c. Lebercirrhose
- d. Übrige

Präparateart:

- I stärker hypertonisch vorkonserviert
- II schwächer

- 1 + 4: Nativdura
- 2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura
- 3 + 6: Lyophilisierte Dura

Dehnung bei Höchstkraft (%)

Hauptleiden / Todesursache	Statistische Maße	Präparatart					
		I			II		
		1	2	3	4	5	6
a. Herz-/Kreislauf- erkrankungen	Fallzahl	41	37	36	41	39	34
	Mittelwert	41,0	29,8	35,8	42,2	29,2	33,0
	Varianz	152,7	152,2	197,9	198,3	97,8	167,7
b. Karzinome	Fallzahl	28	29	22	31	31	22
	Mittelwert	42,9	32,1	36,1	41,3	31,3	33,4
	Varianz	250,1	82,5	227,5	142,8	86,2	108,9
c. Lebercirrhose	Fallzahl	8	9	7	9	9	7
	Mittelwert	48,8	23,6	38,6	34,1	36,6	28,1
	Varianz	567,9	239,3	243,0	97,1	265,5	109,1
d. Übrige	Fallzahl	25	25	22	24	23	23
	Mittelwert	35,4	31,2	37,0	42,2	33,0	36,3
	Varianz	314,8	180,6	242,6	316,3	137,6	189,8

Tab. 15: Dehnung bei Höchstkraft (%) a l l e r Fälle der 6 verschiedenen Dura-Präparatearten (Mittelwert μ , Varianz σ^2) in Abhängigkeit von Hauptleiden/Todesursache

Präparateart:

- I stärker hypertonisch vorkonserviert
II schwächer

1 + 4: Nativdura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura

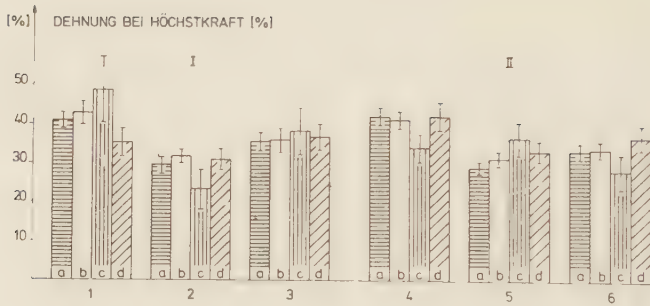


Abb. 19: Mittelwert und Streuung (u, σ) der Dehnung bei Höchstkraft (%) a l l e r Fälle der 6 verschiedenen Dura-Präparatearten
Klasseneinteilung:

- a. Herz/Kreislaufferkrankungen
- b. Karzinome
- c. Lebercirrhose
- d. Übrige

Präparateart:

- I stärker hypertonisch vorkonserviert
- II schwächer

1 + 4: Nativdura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura

Dehnung bei 1 kp (%)

Hauptleiden / Todesursache	Statistische Maße	Präparatart					
		1	2	3	4	5	6
a. Herz-/Kreislauf- erkrankungen	Fallzahl	39	37	32	41	36	36
	Mittelwert	12,6	13,0	11,0	13,9	13,3	12,5
	Varianz	34,5	23,9	21,6	27,5	22,6	50,1
b. Karzinome	Fallzahl	30	30	18	30	30	19
	Mittelwert	12,5	14,9	14,2	12,7	15,4	14,2
	Varianz	37,4	68,4	65,0	26,7	30,6	19,2
c. Lebercirrhose	Fallzahl	8	8	6	8	8	7
	Mittelwert	9,6	15,4	9,8	8,5	18,9	11,0
	Varianz	14,6	135,4	16,2	5,7	157,0	22,3
d. Übrige	Fallzahl	23	23	22	22	24	23
	Mittelwert	11,1	11,7	12,0	14,2	13,0	12,2
	Varianz	24,7	21,5	15,8	47,2	33,5	35,0

Tab. 16: Dehnung bei 1 kp (%) a l l e r Fälle der
6 verschiedenen Dura-Präparatearten (Mittel-
wert μ , Varianz σ^2) in Abhängigkeit von
Hauptleiden/Todesursache

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
II schwächer

1 + 4: Nativdura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura



Abb. 20: Mittelwert und Streuung (μ, σ) der Dehnung bei 1 kp (%) a l l e r Fälle der 6 verschiedenen Dura-Präparatearten

Klasseneinteilung:

- a. Herz/Kreislaufferkrankungen
- b. Karzinome
- c. Lebercirrhose
- d. Übrige

Präparateart:

- I stärker hypertonisch vorkonserviert
- II schwächer

1 + 4: Nativdura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura

Elastizitätsgrenze (kp)

Hauptleiden / Todesursache	Statistische Maße	Präparateart					
		I			II		
		1	2	3	4	5	6
a.	Fallzahl	38	41	37	39	40	36
Herz- / Kreislauf- erkrankungen	Mittelwert	1,54	0,97	1,12	1,05	1,64	0,80
	Varianz	1,73	1,06	1,33	0,71	2,14	0,47
b.	Fallzahl	26	31	22	29	31	22
Karzinome	Mittelwert	1,31	1,35	0,56	1,77	1,28	0,75
	Varianz	1,61	1,82	0,32	2,13	2,22	0,47
c.	Fallzahl	8	9	8	8	9	7
Lebercirrhose	Mittelwert	2,73	0,66	0,95	1,99	2,27	1,04
	Varianz	3,90	0,48	0,83	2,65	5,22	0,51
d.	Fallzahl	24	25	24	22	25	23
Übrige	Mittelwert	1,94	1,68	1,05	1,86	1,48	1,14
	Varianz	2,03	2,32	1,31	2,58	2,23	0,84

Tab. 17: Elastizitätsgrenze (kp) aller Fälle der 6 verschiedenen Dura-Präparatearten (Mittelwert μ , Varianz σ^2) in Abhängigkeit von Hauptleiden/Todesursache

Präparateart:

I stärker hypertonisch vorkonserviert
II schwächer

1 + 4: Nativdura

2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura

3 + 6: Lyophilisierte Dura

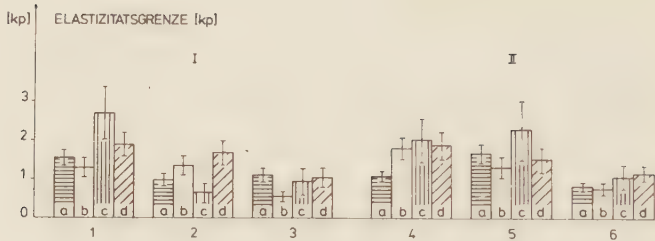


Abb. 21: Mittelwert und Streuung (μ, σ) der Elastizitätsgrenze (kp) a l l e r Fälle der 6 verschiedenen Dura-Präparatearten

Klasseneinteilung:

- a. Herz/Kreislaufferkrankungen
- b. Karzinome
- c. Lebercirrhose
- d. Übrige

Präparateart:

- I stärker hypertonisch vorkonserviert
- II schwächer
- 1 + 4: Nativdura
- 2 + 5: Lösungsmittelkonservierte Dura
- 3 + 6: Lyophilisierte Dura

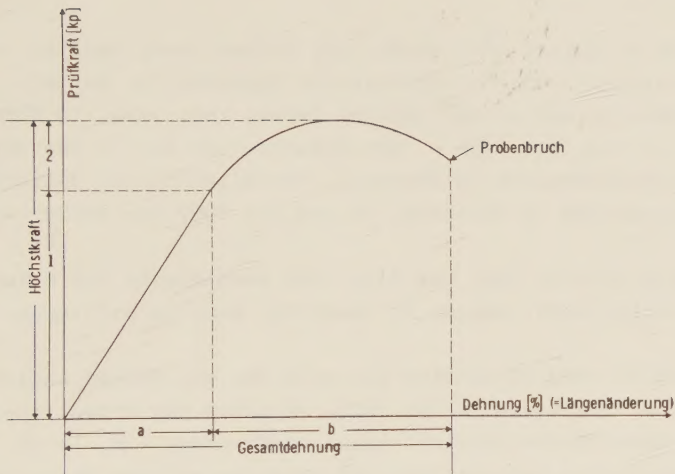


Abb. 22: Kraft - Längenänderung (Weg)- Diagramm
(Spannungs-Dehnungs-Diagramm)

- a. Elastische Dehnung
- b. Plastische Dehnung
- c. Elastizitätsgrenze (= Hook'scher Bereich)
- d. Plastischer Bereich

IX. Lebenslauf

Am 1. August 1948 wurde ich, Helmut Georg Mahlich, als einziger Sohn des technischen Angestellten Herbert Mahlich und seiner Ehefrau Luise, geb. Beil, in Nürnberg geboren. Von 1954 - 1958 besuchte ich die Volksschule Reutersbrunnen in Nürnberg, anschließend das Willstätter-Gymnasium in Nürnberg, an dem ich 1967 das Abitur ablegte.

Von Oktober 1967 bis März 1969 absolvierte ich meine Wehrpflicht, zuerst in Günzburg, dann in Dillingen.

Im WS 1969/70 schrieb ich mich für die Fächer Anglistik und Romanistik an der Phil. Fakultät der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg ein. Im WS 1971/72 wechselte ich das Fach und studiere seitdem Humanmedizin. Das Physikum wurde 1973 bestanden, der erste Teil der Ärztlichen Prüfung nach AO 1974, der zweite Teil 1976, voraussichtlicher Abschluß des Studiums wird nach Absolvierung des Praktischen Jahres der dritte Teil der Ärztlichen Prüfung im Oktober 1977 sein.

Ich bin unverheiratet.

Erlangen, im Januar 1977

Helmut Georg Mahlich

Copy - Center 2000

852 ERLANGEN · Obere Karlstr. 30
Tel. 09131-26197